

論文審査の要旨

報告番号	甲 第2629号	氏名	藤田 悠子
論文審査担当者	主査 歯科理工学 副査 歯科補綴学 副査 美容歯科学	宮崎 隆 教授 馬場 一美 教授 真鍋 厚史 教授	
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学位申請論文「Experimental verification of finite element analysis for thermoplastic orthodontic aligner」について、上記の主査1名、副査2名が個別に審査を行った。</p> <p>【目的】歯科矯正の手法は古くからワイヤーとブラケットを用いたワイヤー治療が行われており、その力学解析は多く報告されている。特に有限要素解析を用いた研究においてはこれらの歯に対する力の作用点、力の大きさ、方向がある程度解明されている。しかし、ワイヤーとブラケットを用いた矯正治療は審美的ではなく、患者自身で取り外しができないことが欠点である。そこで近年、透明で取り外し可能なアライナー矯正装置が広く普及し、良い結果が報告されている。しかし、いくつかのケースにおいて三次元シミュレーションの結果に反し予期しない歯の動きを見せるものもある。これには様々な要因が関係しており、不正咬合の状態と歯の移動計画が複合的に関係していると考えられる。特にアライナーによる歯根膜と歯冠への個々の力学的荷重については未だに解明されていない。これは生物学的な情報の欠如と力学的分析のより正確な予測の必要性が考えられる。この研究の目的は1) 人工歯とアライナーのモデルの実験を発展させる。2) 本実験の CT 画像から有限要素モデルと有限要素解析を行う。3) 実際のモデルと有限要素解析の結果を比較検討する。以上3点である。そこで、本研究ではアライナーが歯に及ぼす矯正力を再現することを目的とし有限要素モデル作成を試みた。</p> <p>【方法】1.0mm の歯冠隣接面距離の二本の人工歯の歯根をパテタイプのシリコン印象剤で覆う。プラスチックアライナーは0.0mm の歯冠隣接面距離に歯体移動させた別のモデルから作製した。有限要素モデルは CT 画像から歯冠隣接面距離 1.0mm に再構成する。有限要素モデルの仮想アライナーはプラスチックアライナーと同様に、歯冠隣接面距離 0.0mm で作製した。</p> <p>【結果】実際の人工歯モデルと有限要素モデルでは同様に隣接面側に歯冠が傾斜する傾向が認められた。</p> <p>【結論】この研究において有限要素モデルの正確性が確認された。この生物学的なシミュレーションにおいて、アライナー治療のより深い理解が成し遂げられることが予測される。</p>			

本論文の審査にあたり副査から多くの質問があり、その一部と回答を以下に示す。

真鍋委員の質問とそれに対する回答：

1. 従来のセットアップ模型と、今回の力学シミュレーションによる治療終了時予測についての違いと利点とは何か。

従来ではセットアップ模型を作製することで治療終了時を予測していたが、手作業で模型を削るため実際の歯冠幅径を完全に再現できていない。歯の移動シミュレーションではパソコン上で歯冠幅径を変えことなく歯の移動を再現できるため、セットアップ模型と比較するとより正確に治療終了時が予測できることが利点であると考えられる。

2. アライナーの適合性と歯の動きの相関について

- ・アライナー装着時間が一日 20 時間を下回る場合
- ・アンダーカットが少ない歯冠形態の場合（特に小白歯部や側切歯）
- ・移動シミュレーションによる無理な歯牙移動計画（特に大白歯の近心移動）の場合
- ・顎間ゴムの不適切な使用

などによって歯とアライナーの適合が悪くなることが多い。不適合が生じた場合はその段階でのアライナーに合わせるように顎間ゴムなどを使用するか、ワイヤー治療を併用することで修正を行い、アライナーに適合させるように試みる。

馬場委員の質問とそれに対する回答：

1. 本有限要素法の新規性とその利点とは何か。

接触解析を行った点である。アライナーを歯冠のシェル要素から膜状の有限要素モデルを作製し、実際のアライナーと同様に歯冠にかぶせて矯正力を発現させ、歯とアライナーがどこでより強く接触しているかが判明した。それ故、歯根部分の挙動が明らかにできたことが大きな利点といえる。

2. 実験模型においてシリコンで歯槽骨を再現させたのはなぜか。それに伴い、歯槽骨のシミュレーションをしていないことは実験に影響するのか。

歯根部分の動きを明らかにしたかったためである。歯槽骨の物性値を有限要素モデルに取り込むと、ヤング率の小さいアライナーが変形するにとどまり歯の移動が生じない。そのため生体とは異なるがヤング率の小さいシリコンを用いて歯根の挙動を把握することに努めた。

両委員共通の質問とそれに対する回答：

1. 今後の研究課題について

今後は、本有限要素解析モデルを基盤とし、骨の硬さや歯根膜などの生物学的情報や、アライナーの硬さなど理工学的情報をシミュレーションに導入し解析を進める必要がある。そして、どのようなシミュレーションをすれば歯を効率的に移動できるか。また、予期しない動きを防止するためにどのような工夫ができるかを事前に把握できるシミュレーション開発が必要であると考えます。

これらの試問に対する回答は、適切かつ明解であった。また、宮崎委員は主査の立場から、両副査の質問に対する回答の妥当性を確認した。

以上の審査結果から、本論文を博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。